

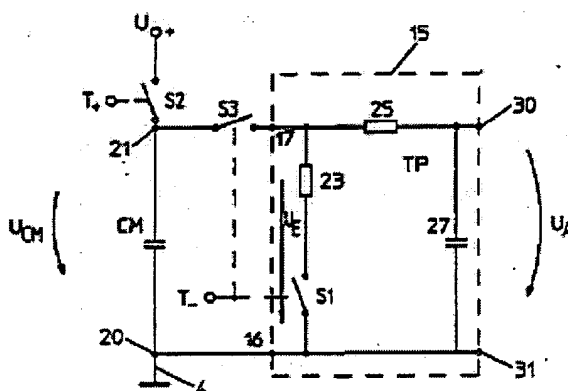
**Capacitance measurement via discharge current arithmetic mean determn.,  
esp. for level sensing capacitive transducer**

**Patent number:** DE19528454  
**Publication date:** 1996-08-08  
**Inventor:** MELLERT MARTIN (DE)  
**Applicant:** GRIESHABER VEGA KG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** G01R27/26; G01R17/00  
- **european:** G01R27/26B  
**Application number:** DE19951028454 19950803  
**Priority number(s):** DE19951028454 19950803

Report a data error here

**Abstract of DE19528454**

The measurement method involves switching (S2) a capacitance (CM) to be measured periodically to a predetermined reference voltage (U) for charging, and is discharged via a further switch (S3) into an evaluation unit (15) contg. a switched ohmic resistance (S1,23). The input terminals (16,17) of the evaluation unit are connected to the output terminals (30,31) through a low-pass filter (25,27) nullifying the effect of stray capacitances. No switching takes place during the discharge phase, when the arithmetic mean of the output voltage is taken.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USP10;**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 195 28 454 C 1

51 Int. Cl. 6:  
G 01 R 27/26  
G 01 R 17/00

21 Aktenzeichen: 195 28 454.2-35  
22 Anmeldetag: 3. 8. 95  
43 Offenlegungstag: —  
46 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 8. 8. 96

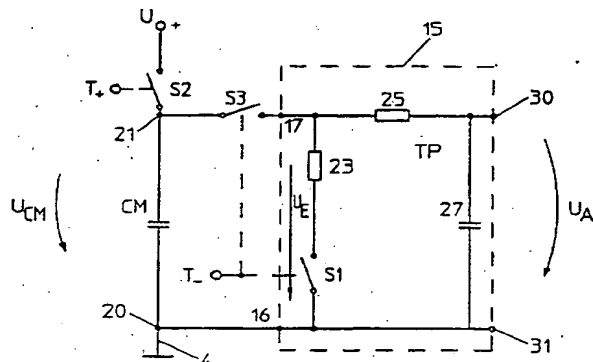
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
VEGA Grieshaber KG, 77709 Wolfach, DE  
74 Vertreter:  
Patentanwälte Westphal, Mussnug & Partner,  
78048 Villingen-Schwenningen

72 Erfinder:  
Mellert, Martin, 77790 Steinach, DE  
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE 43 40 472 C1  
DE 42 37 196 C1  
DE 42 03 725 C2  
DE 35 44 187 A1  
DE 34 13 849 A1  
DE 28 19 731 A1

54 Verfahren und Schaltungsanordnung zur Messung einer Kapazität

57 Das Verfahren und die Schaltungsanordnung zur Messung einer Kapazität sieht vor, die zu messende Kapazität (CM) periodisch mit einer vorgegebenen Periodendauer (T) abwechselnd an ein vorgegebenes Referenzpotential (U) zu schalten und anschließend in einer Auswerteeinrichtung (15) über eine ohmsche Einrichtung (23) zu entladen, wobei der arithmetische Mittelwert der sich einstellenden Entladekurve (EK) als Maß für die zu bestimmende Kapazität (CM) ermittelt wird.



DE 195 28 454 C 1

DE 195 28 454 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Messung einer Kapazität, welche periodisch mit einer vorgegebenen Periodendauer abwechselnd an ein vorgegebenes Referenzpotential geschaltet und anschließend in einer Auswerteeinrichtung entladen wird.

Kapazitive Sensoren, insbesondere kapazitive Druckaufnehmer, Temperatursensoren und dergleichen, weisen oftmals eine nur sehr geringe nutzbare Kapazitätsänderung auf, die durch eine elektronische Auswerteschaltung mit hoher Präzision ausgewertet werden muß. Hierbei wird häufig von der Methode des quantisierten elektrischen Ladungstransports Gebrauch gemacht, die als ladungsbalancierte Kapazitätsschaltungsanordnung (englisch: switched capacity) bezeichnet wird. Schaltungsanordnungen, die nach diesem Meßprinzip arbeiten, können vorteilhafterweise weitgehend monolithisch — mit Ausnahme einiger größerer Kondensatoren — in CMOS-Technik als ASIC-Schaltung ausgeführt werden.

Wie aus DE 42 37 196 C1 bekannt, wird bei diesem Meßverfahren dem Meßkondensator in einem ersten Meßschritt eine definierte Ladung aufgeprägt, indem eine definierte Spannung an ihn angelegt wird. Dieses im Meßkondensator gespeicherte Ladungsquantum wird im zweiten Meßschritt auf einen Speicherkondensator übertragen, dessen Spannung auf unterschiedliche Weise ausgewertet werden kann. Die Spannung kann beispielsweise unmittelbar als Maß für die zu messende physikalische Größe gewertet werden oder es können zahlreiche Ladungsquanten aufaddiert werden, wobei das Resultat die zu messende physikalische Größe repräsentiert.

Aus DE 34 13 849 A1 ist bekannt, die zu messende Kapazität mit einem Anschluß dauerhaft auf Bezugspotential zu halten und den anderen Kapazitätsanschluß zwischen einer Referenzspannungsquelle und einem Integrator umzuschalten bzw. die zu messende Kapazität über zwei Schalter in Reihe zwischen die Referenzspannungsquelle und den Integrator zu legen und die Schalter, deren andere Anschlüsse mit Massepotential verbunden sind, gegenphasig umzuschalten. Bei der ersten Variante wirken sich allerdings parasitäre Kapazitäten meßverfälschend aus, während bei der zweiten Variante Umgebungseinflüsse aufgrund fehlender einseitiger Masseanbindung der zu messenden Kapazität Meßwertveränderungen hervorrufen.

Den bekannten Verfahren ist gemeinsam, daß der Meßkondensator mit einem Schalter auf eine bestimmte Spannung aufgeladen wird. Anschließend wird der Schalter geöffnet und ein Integrator lädt den Meßkondensator auf eine zweite Spannung um. Am Ausgang des Integrators entsteht ein Spannungssprung, der der Meßkapazität proportional ist. Bei dieser Auswertung wird der Meßkondensator nur zu bestimmten Zeiten abgetastet und ausgewertet. Dies führt insbesondere bei auftretenden Störspannungen zu Meßfehlern, die den korrekten Meßwert um  $\pm 10\%$  verfälschen können. Diese Problematik besteht insbesondere bei sogenannten Differenzdruckmeßumformern, bei welchen der Differenzdruck kapazitiv über die Auslenkung von Membranelektroden aufgenommen wird, wobei die eingesetzte Meßzelle beispielsweise eine Einkammer-Keramik-Meßzelle sein kann, die aus einem Keramikgrundkörper und zwei sich gegenüberliegenden Keramikmembranen besteht. Auf der Rückseite der beiden Ke-

ramikmembranen befindet sich jeweils eine Seite eines Plattenkondensators, die andere Seite am Keramikgrundkörper. Die Meßzelle ist durch eine Kapillarverbindung als Einkammer-Meßzelle ausgebildet, als Füllflüssigkeit wird beispielsweise Silikon oder Mineralöl verwendet. Entsprechend dem anliegenden Differenzdruck werden beide Membranen ausgelenkt und die Kapazitäten der beiden Meßkapazitäten verändert. Die Differenz der Kehrwerte dieser beiden Kapazitäten entspricht dem Differenzdruck.

In Fig. 4 ist ein vereinfachtes Ersatzschaltbild einer Meßzelle, wie diese insbesondere zur kapazitiven Füllstandmessung eingesetzt wird, dargestellt. Die Meßzelle verfügt über zwei Kondensatoren, nämlich eine Meßkapazität CM und eine Referenzkapazität CR. Die Meßkapazität CM liegt zwischen den Klemmen 1 und 3, während die Referenzkapazität CR zwischen die Klemmen 2 und 3 geschaltet ist. Die den Kapazitäten CM und CR gemeinsame Klemme 3 liegt auf Bezugspotential 4 der Meßzelle bzw. des gesamten Sensors S.

In montiertem Zustand des Sensors S, d. h., die Meßzelle ist in ein metallisches Gehäuse bzw. einen Metallstutzen eingebaut, bilden sich gemäß den in Fig. 1 dargestellten Ersatzschaltbild insgesamt drei Streukapazitäten C1, C2 sowie C3 aus. Von der gemeinsamen Klemme 3 existiert eine Streukapazität C1 in der Größenordnung von etwa 150 pF nach Erde bzw. Erdanschluß 5. Diese Streukapazität C1 wird im wesentlichen vom mechanischen Aufbau des gesamten Sensors S bestimmt. Die anderen beiden Streukapazitäten C2 und C3 bilden sich dagegen von den jeweils anderen Anschlüssen der Meßkapazitäten CM bzw. CR nach Erde bzw. Erdanschluß 5 aus. So liegt die Streukapazität C2 zwischen der Klemme 1 und dem Erdanschluß 5, während die Streukapazität C3 zwischen der Klemme 2 und dem Erdanschluß 5 auftritt. Beide Streukapazitäten C2 und C3 erreichen jeweils eine Größe von ca. 2 bis 3 pF. Diese Streukapazitäten C2 und C3 bilden sich von den Durchführungen des Grundkörpers des gesamten Meßsensors zum eingebauten Metallstutzen, der auf Erdpotential liegt.

Insbesondere die zwischen dem Erdanschluß 5 und den Eingangsklemmen 1 und 2 des Sensors S liegenden Streukapazitäten C2 und C3 sind für eine Verfälschung des Meßergebnisses verantwortlich, wie nachfolgend in Zusammenhang mit Fig. 5 erläutert wird.

In Fig. 5 ist die Schaltungsanordnung einer Prüfeinrichtung von kapazitiven Meßzellen dargestellt, wie diese bei einer Prüfung nach IEC 801 Teil 6 verwendet wird. In der Darstellung von Fig. 5 ist angenommen, daß als Meßsensor die aus Fig. 4 bekannte Meßzelle verwendet wird. Die dort bereits verwendeten Bezugszeichen werden mit gleicher Bedeutung weiter eingesetzt. Die Klemme 3 der Meßzelle S liegt wieder auf Bezugspotential 4. Des weiteren ist die Klemme 3 über einen 75-Ohm-Widerstand 13 an den Minusanschluß einer Gleichspannungsquelle geschaltet. Die Klemmen 1 und 2 der Meßzelle S sind über jeweils eine Stromquelle 32, 33 miteinander verbunden und stehen über eine Strommeßeinrichtung 14 mit dem positiven Pol der Spannungsquelle in Verbindung. Die Spannungsquelle stellt eine Gleichspannung von etwa 24 V zur Verfügung. Der Erdungsanschluß 5 des Sensors S ist mit dem Erdungsanschluß 11 der Prüfeinrichtung in Verbindung. Die Prüfeinrichtung selbst weist die Reihenschaltung eines Frequenzgenerators 9 und eines Koppelfilters 12 auf, wobei die Reihenschaltung zwischen den Minuspol der Gleichspannungsquelle und den Erdungsanschluß 11

der Prüfeinrichtung geschaltet ist. Der Frequenzgenerator 9 ist mit einem Anschluß an den Minuspol der Gleichspannungsquelle geschaltet und das Koppelfilter 12 an den Erdungsanschluß 11 gelegt.

Mit dem Frequenzgenerator 9 wird eine Spannung auf das Koppelfilter gegeben, die 10 Volt beträgt und eine 80%-ige Amplitudenmodulation bei 1 kHz aufweist, wobei der Frequenzgenerator 9 in seiner Frequenz von 9 kHz bis 1,5 MHz variierbar ist. Die Störspannungsfestigkeit des zu prüfenden Sensors S wird dadurch überprüft, daß der Frequenzgenerator 9 langsam seine Frequenz von 9 kHz bis 1,5 MHz steigert und hierbei der Sensorstrom in der Strommeßeinrichtung 14 erfaßt wird. Die Strommeßeinrichtung 14 zeichnet zweckmäßigerweise hierbei den Sensorstrom von etwa 4 bis 20 mA mit einem geeigneten Schreiber auf.

Bei der Prüfung zeigt sich, daß die Streukapazität C1 von Bezugspotential 4, d. h. Schaltungs-masse, nach Erdanschluß 5 keinen Einfluß auf das Meßergebnis hat. Jedoch können die Streukapazitäten C2 und C3 das Meßergebnis verfälschen. In Abhängigkeit der eingekoppelten Störspannung des Frequenzgenerators 9 fließt nämlich ein Wechselstrom durch die Streukapazitäten C2 und C3.

Diese Störungen können durch verschiedene bekannte Maßnahmen beseitigt werden. So kann beispielsweise eine kapazitive Erdung vom Plusanschluß nach Erde und vom Minusanschluß an Erde erfolgen. Dies bedingt jedoch Kondensatoren von mindestens 100nF bei einer Spannungsfestigkeit von 500 Volt Wechselspannung. Solche Kondensatoren weisen verhältnismäßig große Abmessungen auf, so daß deren Einsatz möglichst zu vermeiden ist. Des weiteren ist es bekannt, beispielsweise aus DE 42 03 725 C2 und DE 28 19 731 A1, eine potentialgetrennte Kapazitätsmessung vorzusehen, bei welchen ein Wechselspannungsgenerator die zu messende Kapazität über einen induktiven Übertrager oder Optokoppler speist, wobei das Meßausgangssignal über einen Meßwandler in ein füllstandsabhängiges Gleichspannungssignal umgesetzt wird. Eine solche DC-DC Trennung zwischen Sensorelektronik und Auswertelektronik der Meßkondensatoren CM und CR mit zusätzlicher Signalübertragung ist jedoch verhältnismäßig aufwendig und damit ebenfalls nachteilig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Kapazitätsauswertung, insbesondere zur Kapazitätsauswertung von Sensoren der Füllstandmessung, anzugeben, welche sich durch eine hohe Meßgenauigkeit auszeichnen und bei welchen auftretende Streukapazitäten möglichst wenig Einfluß auf das Meßergebnis haben.

Diese Aufgabe wird für das Verfahren durch die Merkmale des Anspruchs 1 und für die Schaltungsanordnung durch die Merkmale des Anspruchs 5 gelöst.

Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht im wesentlichen darauf, die zu messende Kapazität periodisch mit einer vorgegebenen Periodendauer abwechselnd an ein vorgegebenes Referenzpotential zu schalten und anschließend in einer Auswerteinrichtung über eine ohmsche Einrichtung zu entladen, wobei der arithmetische Mittelwert der sich einstellenden Entladekurve als Maß für die zu bestimmende Kapazität ermittelt wird.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird im Gegensatz zu dem bisher bekannten Verfahren die zu messende Kapazität nicht nur zu bestimmten Zeiten abgetastet und ausgewertet sondern die gesamte Entladephase der

zu messenden Kapazität meßtechnisch erfaßt. Damit arbeitet das Verfahren nach der Erfindung während der Entladephase durchschnittswertbildend.

Obwohl es prinzipiell möglich ist, eine einzelne sich einstellende Entladekurve als Maß für die zu bestimmende Kapazität auszuwerten, ist es vorteilhaft, eine Vielzahl von Entladekurven zu erfassen und hiervon jeweils den arithmetischen Mittelwert zu bilden. Kurzzeitige Störungen, die ein Verfälschen der Entladekurve verursachen, können so ebenfalls ausgeglichen werden.

Trotz der prinzipiellen Möglichkeit, die sich beim Entladevorgang der zu messenden Kapazität einstellenden Strom- und/oder Spannungsentladekurven auszuwerten, hat es sich als besonders einfach herausgestellt, die Entladespannungen auszuwerten. So kann die periodisch aufgeladene und zu messende Kapazität über eine ohmsche Einrichtung entladen und die Entladespannung über einen Tiefpaß zur Ermittlung des arithmetischen Mittelwertes geführt werden. Der zu bestimmende Kapazitätswert der Kapazität läßt sich hierbei aus dem Ergebnis der Multiplikation der doppelten Periodendauer mit dem arithmetischen Mittelwert, dividiert durch das Produkt aus dem Wert des Referenzpotentials und des ohmschen Widerstandswertes der ohmschen Einrichtung ableiten.

Eine Schaltungsanordnung zur Messung der Kapazität gemäß der Erfindung sieht vor, die zu messende Kapazität mit einem ersten Anschluß an Bezugspotential und mit einem zweiten Anschluß über eine Schalteinrichtung wechselweise an ein Referenzpotential und an eine Auswerteinrichtung zu schalten. Hierbei ist die Auswerteinrichtung mit zwei Eingangsklemmen versehen, von denen eine an das Bezugspotential und die andere an die Schalteinrichtung gelegt ist. Des weiteren ist zwischen die beiden Eingangsklemmen die Reihenschaltung einer ohmschen Einrichtung mit einer weiteren Schalteinrichtung geschaltet und die erwähnte Tiefpaßanordnung vorgesehen, welche eingangsseitig mit den Eingangsklemmen der Auswerteinrichtung verbunden und an welcher ausgangssseitig ein Spannungssignal als Maß für die zu bestimmende Kapazität abgreifbar ist.

Im einfachsten Fall kann die ohmsche Einrichtung ein Widerstand sein und als Tiefpaßanordnung ein RC-Glied vorgesehen werden.

Es ist grundsätzlich möglich, die zu messende Kapazität mit einem separaten Schalter an das Referenzpotential zu schalten und mit einem weiteren separaten Schalter wechselweise an die Auswerteinrichtung zu legen. Anstelle solcher zweier Schalter, ist es jedoch in einfacher Weise möglich, einen Umschalter vorzusehen, der die entsprechende Klemme der zu messenden Kapazität wechselweise an das Referenzpotential und die Auswerteinrichtung legt.

Die Schalteinrichtungen nach der Erfindung arbeiten vorzugsweise mit einer Taktfrequenz von etwa 25 kHz. Als Referenzpotential kann etwa +5 Volt vorgesehen werden. Sofern das Meßergebnis digital zu verarbeiten ist, liegt es im Rahmen der Erfindung, an den Ausgang der Tiefpaßanordnung einen A/D-Wandler zu schalten, um das Ausgangssignal zu digitalisieren.

Bei einem Sensor mit zwei Meßkondensatoren, wie diese beispielsweise bei kapazitiven Differenzdruck-Meßzellen eingesetzt werden, kann abwechselnd zwischen den beiden Meßkondensatoren umgeschaltet oder eine getrennte Auswerteinrichtung für den zweiten Meßkondensator vorgesehen werden.

Der wesentliche Vorteil der erfindungsgemäßen

Schaltungsanordnung ist darin zu sehen, daß die Schaltungsanordnung während der Entladephase durch schnittswertbildend arbeitet und Störungen, die über Streukapazitäten eingekoppelt werden, durch die Verwendung des Tiefpasses herausgefiltert werden.

Die Erfindung wird nachfolgend im Zusammenhang mit weiteren drei Figuren näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** Ein erstes Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung zur Kapazitätsauswertung nach der Erfindung,

**Fig. 2** ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung zur Kapazitätsauswertung nach der Erfindung und

**Fig. 3** Signalläufe zu den in Fig. 1 bzw. Fig. 2 dargestellten Schaltungsanordnungen.

In den nachfolgenden Figuren bezeichnen, sofern nicht anders angegeben, gleiche Bezugszeichen gleiche Teile mit gleicher Bedeutung.

Die in Fig. 1 dargestellte Schaltungsanordnung zur Kapazitätsauswertung weist eine Meßkapazität CM mit zwei Klemmen 20, 21 auf. Die Klemme 20 ist an Bezugspotential 4 geschaltet, während die Klemme 21 über eine Schalteinrichtung, hier einen Ein-Aus-Schalter S2, an ein Referenzpotential U, das beispielsweise +5 Volt beträgt, geschaltet ist. Der Schalter S2 ist nach Maßgabe eines Taktsignales  $T_+$  ein- und ausschaltbar. Die Klemme 21 ist über eine weitere Schalteinrichtung, hier einen Ein-Aus-Schalter S3, an eine Klemme 17 einer Auswerteeinrichtung 15 geschaltet. Eine weitere Eingangsklemme 16 dieser Auswerteeinrichtung 15 ist an das Bezugspotential 4 gelegt. Darüber hinaus weist die Auswerteeinrichtung 15 ausgangsseitig zwei Klemmen 30, 31 auf. Die Ausgangsklemme 31 ist mit der Eingangsklemme 16 in Verbindung, während die Ausgangsklemme 30 der Ausgangsanschluß einer Tiefpaßanordnung TP ist. Zwischen die beiden eingangsseitigen Klemmen 16 und 17 ist die Reihenschaltung einer ohmschen Einrichtung und einer weiteren Schalteinrichtung hier einem weiteren Ein-Aus-Schalter S1 geschaltet. Die ohmsche Einrichtung ist hier ein einfacher Widerstand 23, der mit seinem einen Anschluß an die Eingangsklemme 17 und mit seinem anderen Anschluß an den Ein-Aus-Schalter S1 geschaltet ist. Der zweite Anschluß des Ein-Aus-Schalters S1 ist mit der Klemme 16 in Verbindung. Des weiteren sind die beiden eingangsseitigen Klemmen 16, 17 mit dem Eingang der Tiefpaßanordnung TP in Verbindung. Die Tiefpaßanordnung TP besteht aus einem Widerstand 25 und einem Kondensator 27, welcher zwischen die beiden ausgangsseitigen Klemmen 30, 31 der Auswerteeinrichtung 15 geschaltet ist. Der Widerstand 25 ist zwischen die Klemmen 17 und 30 geschaltet.

Wie in Fig. 1 dargestellt, werden die beiden Ein-Aus-Schalter S1 und S3 von einem gemeinsamen Taktsignal  $T_-$  so gesteuert, daß diese gemeinsam ein- und gemeinsam ausschalten. Das Taktsignal  $T_-$  ist invers zum Taktsignal  $T_+$ , welches den Ein-Aus-Schalter S2 steuert. Die Taktsignale  $T_+$  und  $T_-$  können beispielsweise eine Periodendauer von etwa 1/25 kHz aufweisen und über gleichlange Ein- und Ausschaltzeiten verfügen. Zum besseren Verständnis sind die Taktsignale  $T_+$  und  $T_-$  in Fig. 3 untereinander grafisch dargestellt. Die Periodendauer der beiden Taktsignale  $T_+$  und  $T_-$  ist mit T bezeichnet.

Die Funktionsweise der in Fig. 1 dargestellten Schaltungsanordnung zur Messung der Meßkapazität CM wird nachfolgend erläutert, wobei die an der zu messenden Kapazität CM abfallende Spannung mit  $U_{CM}$  und

die am Ausgang der Schaltungsanordnung und damit zwischen den Klemmen 30 und 31 abgreifbare Spannung mit  $U_A$  bezeichnet ist. Die zwischen den Eingangsklemmen 16 und 17 der Auswerteeinrichtung 15 abgreifbare Spannung ist mit  $U_E$  bezeichnet. Die Spannung  $U_A$  stellt zugleich die Meßspannung dar, die ein Maß für die zu bestimmende Kapazität CM ist. Zum besseren Verständnis sind die an der zu messenden Kapazität CM abfallende Spannung  $U_{CM}$ , die Spannung  $U_E$  und die Ausgangsspannung  $U_A$  in Fig. 3 ebenfalls anhand deren Zeitverläufe dargestellt.

Zum Zeitpunkt  $t_0$  wird der Schalter S2 geschlossen und damit das Referenzpotential U, beispielsweise +5 Volt, an die zu messende Kapazität CM gelegt. Die Schalter S1 und S3 sind entsprechend dem angelegten Taktsignal  $T_-$  ausgeschaltet. Die Spannung an der Klemme 21 entspricht dem Referenzpotential und damit vereinbarungsgemäß +5 Volt. Die Spannung  $U_{CM}$  beträgt folglich +5 Volt, solange der Schalter S2 geschlossen ist. Die Ausgangsspannung  $U_A$  beträgt deutlich weniger und hat einen Wert, der durch eine im Kondensator 27 gespeicherte Restladung bestimmt ist. Dieser Wert kann beispielsweise 0,5 Volt betragen. Eine weitere Entladung des Kondensators 27 ist nicht möglich, da die Schalter S1 und S3 geöffnet sind.

Zum Zeitpunkt  $T_1$  wird der Schalter S2 geöffnet und die Schalter S1 und S3 entsprechend dem Taktsignal  $T_-$  geschlossen. Die Folge ist eine Entladung der zu messenden Kapazität CM über den Widerstand 23 entsprechend der Zeitkonstante, die durch das Produkt des ohmschen Wertes des Widerstandes 23 und des Kapazitätswertes der zu messenden Kapazität CM bestimmt ist.

Die sich einstellende Entladekurve bzw. Entladespannung ist in Fig. 3 mit EK bezeichnet und sinkt exponentiell ausgehend vom Referenzpotential U bis zu einem sehr niedrigen Spannungswert von nahe 0 Volt. Der Verlauf der Entladekurve EK ist bei Kenntnis des ohmschen Wertes des Widerstandes 23 ausschließlich vom Kapazitätswert der zu messenden Kapazität (und vernachlässigbaren Zuleitungskapazitäten) abhängig. Zum Zeitpunkt  $t_2$ , der durch die Periodendauer T der Taktsignale  $T_+$  und  $T_-$  bestimmt ist, wird der Schalter S2 wieder geschlossen und die Schalter S1 und S3 wieder geöffnet, so daß an der Klemme 21 erneut das Referenzpotential U anliegt. Dieser Vorgang wiederholt sich anschließend.

Zum Zeitpunkt  $t_1$  steigt der Spannungswert zwischen den Klemmen 16 und 17 sprunghaft auf das Referenzpotential und damit +5 Volt an, um anschließend, entsprechend der Entladekurve EK, exponentiell bis zum Zeitpunkt  $t_2$  abzuklingen. Kurz danach erhöht sich die Eingangsspannung  $U_E$  etwas auf die im Kondensator 27 enthaltende Restspannung.

Am Ausgang der Auswerteeinrichtung 15 stellt sich eine nahezu konstante Ausgangsspannung  $U_A$  ein, die ein Maß für die zu bestimmende Kapazität CM ist. Durch die Verwendung der Tiefpaßanordnung TP, bestehend aus dem Widerstand 25 und dem Kondensator 27, wird der arithmetische Mittelwert der Entladekurve EK bzw. der Entladekurven EK gebildet. Am Ausgang der Auswerteeinrichtung 15 entsteht somit eine Gleichspannung  $U_A$ , die von folgenden Größen abhängig ist:

$$U_A \approx [1/T] \cdot R_1 \cdot CM \cdot 0,5 \cdot U$$

wobei

T = Periodendauer des Taktsignales  $T_+$  bzw.  $T_-$ ,

U = Referenzpotential (z. B. 5 Volt)

R1 = ohmscher Widerstandswert des Widerstandes 23,

CM = Kapazitätswert der zu messenden Kapazität.

Da am Ausgang der Auswerteeinrichtung 15 die Ausgangsspannung  $U_A$  abgreifbar ist, kann die oben erwähnte Gleichung nach CM aufgelöst werden. Der zu bestimmende Kapazitätswert der Kapazität CM berechnet sich folglich aus dem Ergebnis der Multiplikation der doppelten Periodendauer T mit dem arithmetischen Mittelwert der gemessenen Spannung  $U_A$ , dividiert durch das Produkt aus dem Wert des Referenzpotentials U und des ohmschen Widerstandswertes R der ohmschen Einrichtung 23 und demzufolge aus der Formel

$$CM = \frac{2 \cdot T \cdot U_A}{U \cdot R1}$$

In Fig. 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung nach der Erfindung gezeigt. Es entspricht im wesentlichen der Schaltung von Fig. 3, hat jedoch anstelle der beiden Ein-Aus-Schalter S2, S3 einen Umschalter S4, der abwechselnd die Klemme 21 der Kapazität CM an Referenzpotential U oder die Klemme 17 der Auswerteeinrichtung 15 schaltet. Als Steuersignal wird für diesen Umschalter S4 das Taktsignal T+ verwendet.

Der wesentliche Vorteil der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung liegt darin, daß während der Entladephase und damit zwischen dem Zeitpunkt t1 und t2 kein Umschaltvorgang erfolgt. Die Schaltung arbeitet somit während der Entladephase des Meßkondensators CM durchschnittswertbildend. Die über die Streukapazitäten eingekoppelten Störungen werden Dank der Verwendung des Tiefpasses TP ausgefiltert. Da es sich um reine Streukapazitäten handelt, ist deren Gleichspannungsanteil immer Null Volt.

Sofern ein Sensor mit zwei Meßkondensatoren verwendet wird, kann die Auswerteeinrichtung doppelt aufgebaut oder abwechselnd zwischen den zwei Meßkondensatoren umgeschaltet werden. Sofern die Meßzelle einen Meß- und Referenzkondensator aufweist, kann die Auswerteeinrichtung zweifach angewendet werden. Des weiteren ist es möglich, daß, sofern das Meßergebnis digital weiterverarbeitet werden soll, am Ausgang der Auswerteeinrichtung 15 ein A/D-Wandler angeschlossen wird. In diesem Fall ist es von Vorteil, eine Mikroprozessoreinrichtung vorzusehen, die das digitale Meßsignal weiterverarbeitet und den verrechneten Meßwert über einen D/A-Wandler beispielsweise an ein analoges Meßgerät ausgibt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung einer Kapazität (CM), welche periodisch mit einer vorgegebenen Periodendauer (T) abwechselnd an ein vorgegebenes Referenzpotential (U) geschaltet und anschließend in einer Auswerteeinrichtung (15) entladen wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Kapazität (CM) in der Auswerteeinrichtung (15) über eine ohmsche Einrichtung (23) entladen und der arithmetische Mittelwert der sich einstellenden Entladekurve

(EK) als Maß für die zu bestimmende Kapazität (CM) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der arithmetische Mittelwert für eine Vielzahl von Entladekurven (EK) gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der arithmetische Mittelwert der Entladespannung bzw. der Entladespannungen ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der zu bestimmende Kapazitätswert der Kapazität (CM) aus dem Ergebnis der Multiplikation der doppelten Periodendauer (T) mit dem arithmetischen Mittelwert dividiert durch das Produkt aus dem Wert des Referenzpotentials (U) und des ohmschen Widerstandswertes der ohmschen Einrichtung (23) abgeleitet wird.

5. Schaltungsanordnung zur Messung einer Kapazität (CM), welche mit einem ersten Anschluß (20) an Bezugspotential (4) und mit einem zweiten Anschluß (21) über eine Schalteinrichtung (S2, S3, S4) wechselweise an ein Referenzpotential (U) und an eine Auswerteeinrichtung (15) schaltbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung (15) zwei Eingangsklemmen (16, 17) aufweist, von denen eine Eingangsklemme (16) an das Bezugspotential (4) und die andere Eingangsklemme (17) an die Schalteinrichtung (S2, S3, S4) gelegt ist, daß zwischen die beiden Eingangsklemmen (16, 17) die Reihenschaltung einer ohmschen Einrichtung (23) mit einer weiteren Schalteinrichtung (S1) geschaltet ist, und daß eine Tiefpaßanordnung (TP) vorgesehen ist, welche eingangsseitig mit den Eingangsklemmen (16, 17) der Auswerteeinrichtung (15) verbunden ist und an welcher ausgangseitig ein Spannungssignal ( $U_A$ ) als Maß für die zu bestimmende Kapazität (CM) abgreifbar ist.

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die ohmsche Einrichtung (23) ein Widerstand ist.

7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefpaßanordnung (TP) ein RC-Glied ist.

8. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalteinrichtungen (S1, S2, S3) mit einer Taktfrequenz von etwa 25 kHz schalten.

9. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Referenzpotential (U) etwa +5 Volt beträgt.

10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefpaßanordnung (TP) ausgangseitig mit einem A/D-Wandler verbunden ist.

11. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwei zu messende Kapazitäten (CM) vorgesehen sind, welche abwechselnd über eine Schalteinrichtung an die Auswerteeinrichtung (15) schaltbar sind.

12. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zwei zu messende Kapazitäten (CM) vorgesehen sind, die jeweils über eine eigene Schalteinrichtung an jeweils eine Auswerteeinrichtung (15) geschaltet sind.

13. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine der zu messenden Kapazitäten eine Referenzkapazität (CR) einer Meßzelle ist, innerhalb welcher

auch eine zu messende Meßkapazität (CM) angeordnet ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



- Leerseite -

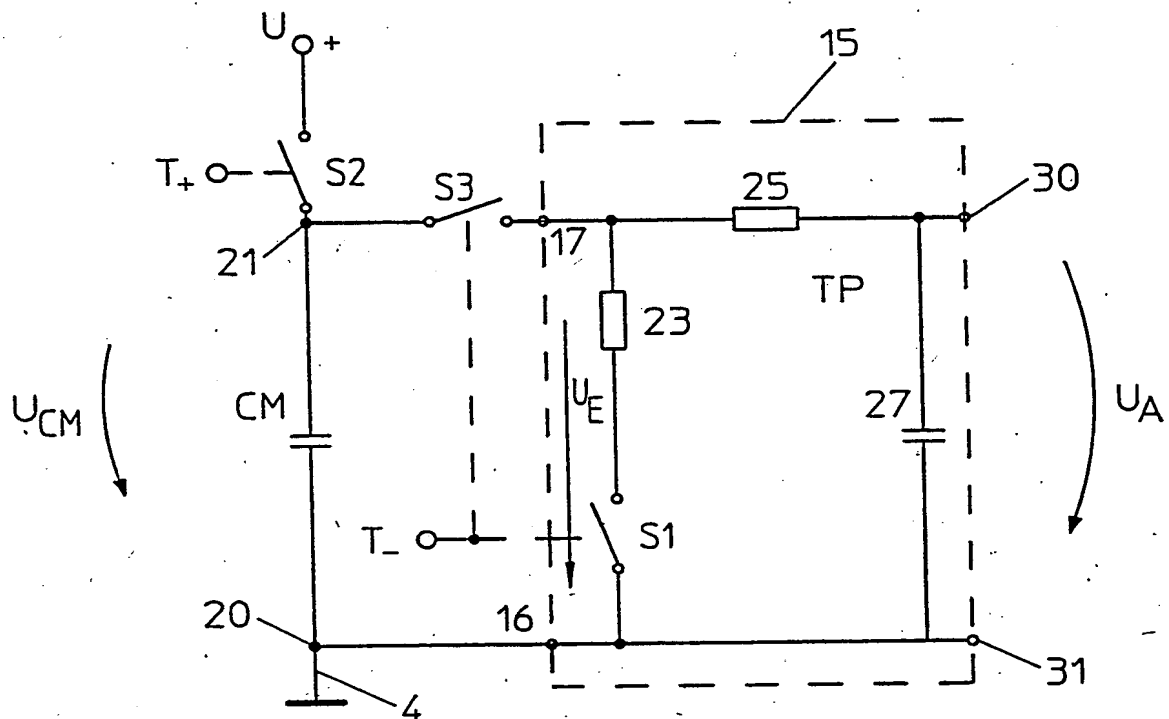


Fig. 1 \*

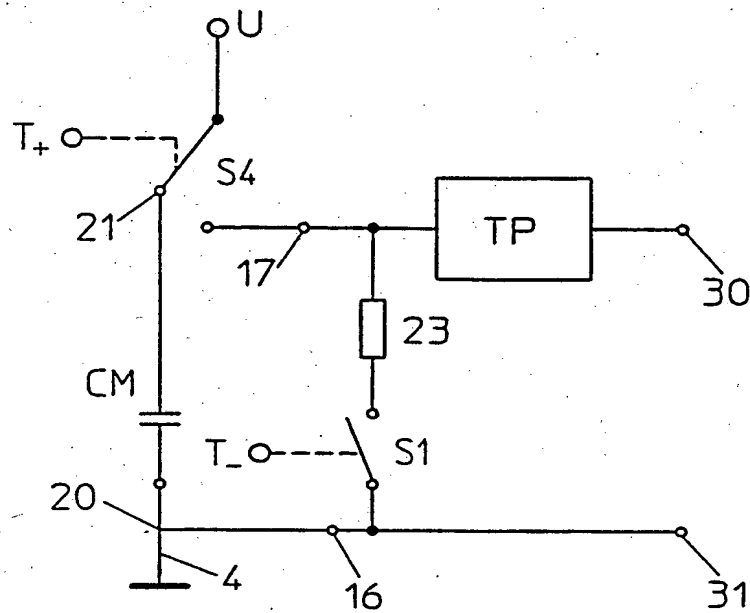


Fig.2

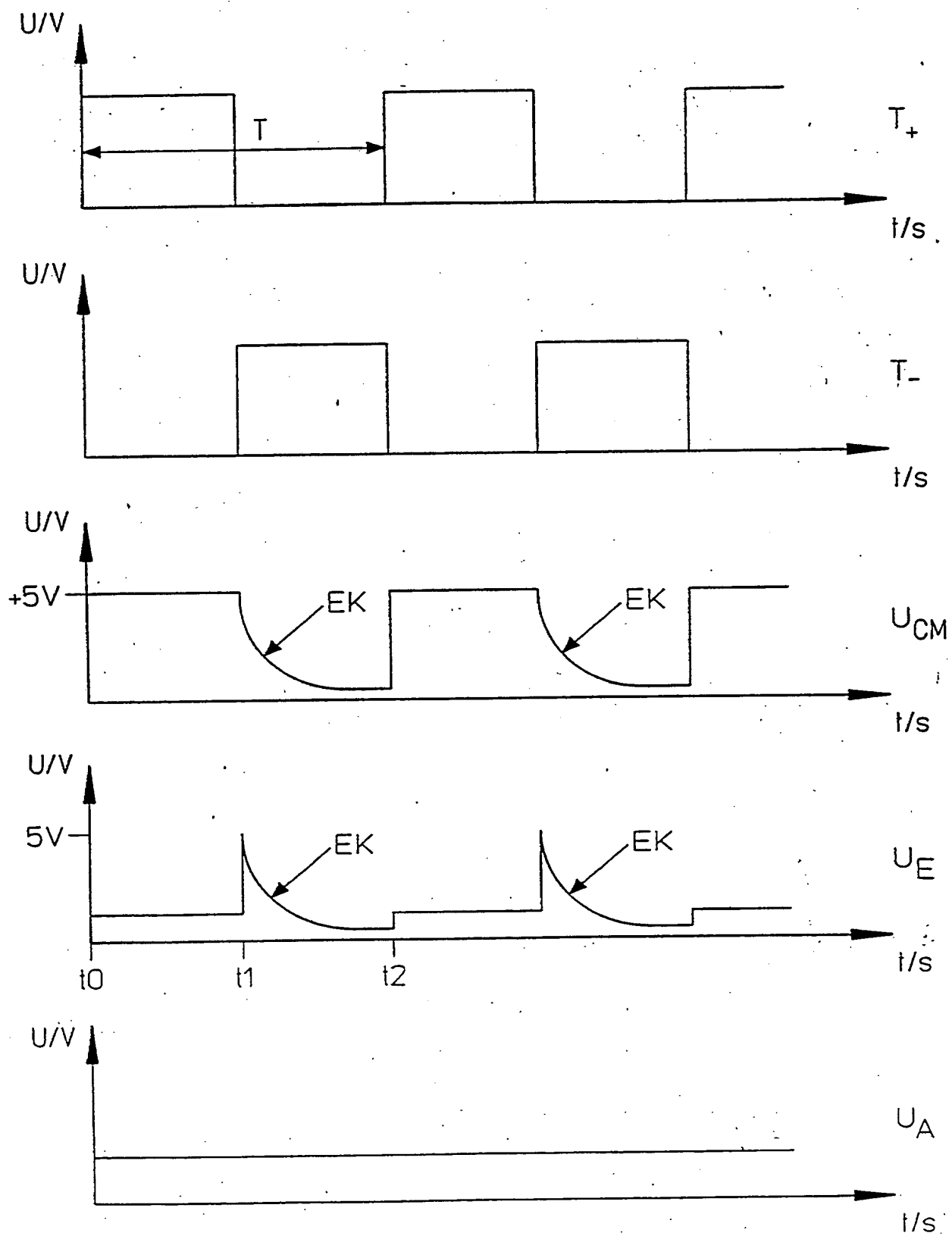


Fig.3

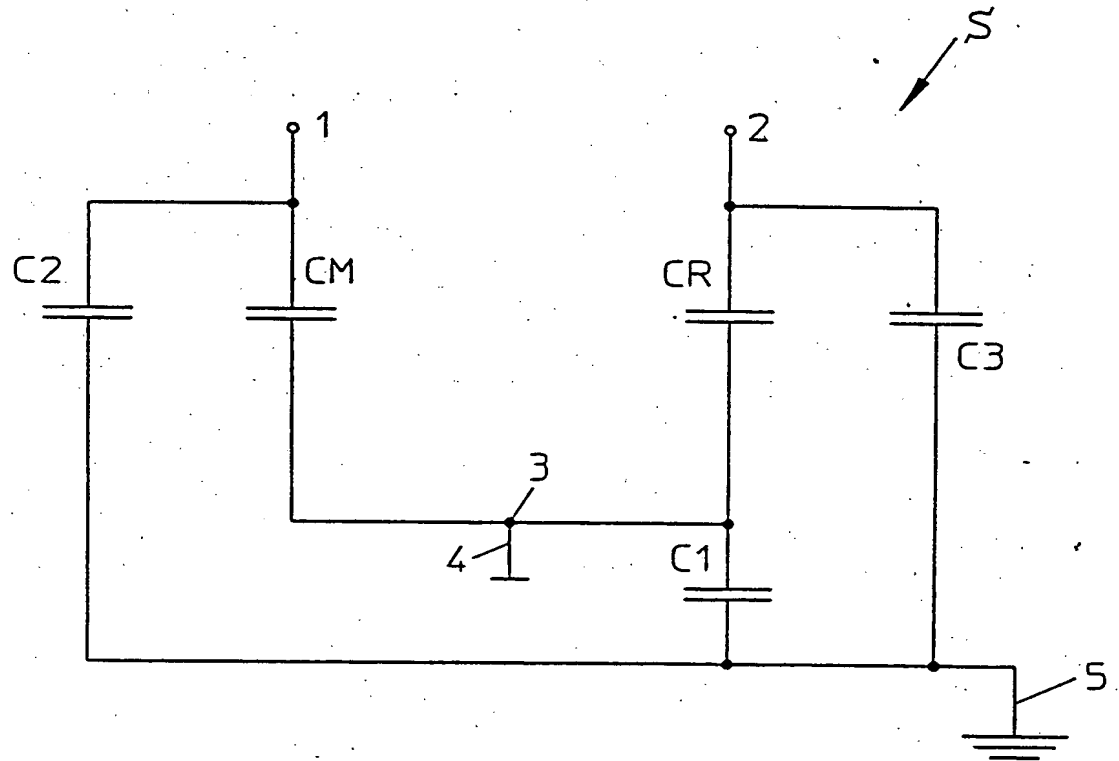


Fig.4

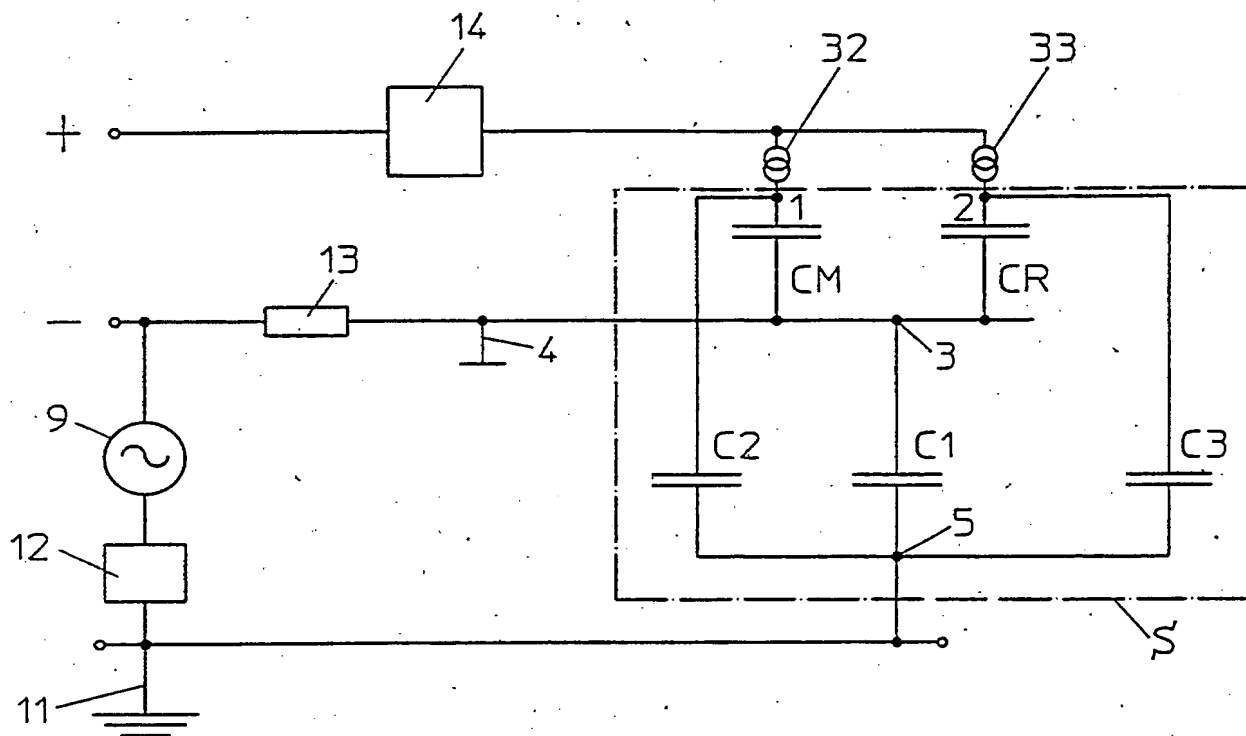


Fig.5